



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 33 668.7

Anmeldetag: 24. Juli 2002

Anmelder/Inhaber: Siemens Aktiengesellschaft,
München/DE

Bezeichnung: Bearbeitungsverfahren für einen Volumendatensatz

IPC: G 06 T, A 61 B

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 20. Februar 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Beschreibung

Bearbeitungsverfahren für einen Volumendatensatz

- 5 Die vorliegende Erfindung betrifft ein Bearbeitungsverfahren für einen Volumendatensatz, der mindestens ein röhrenartiges Gefäß und dessen Umgebung beschreibt.

- 10 Derartige Bearbeitungsverfahren werden insbesondere im medizinischen Bereich zur Untersuchung von Stenosen eingesetzt. Im Stand der Technik wird hierzu von einem Anwender ein Polygonzug gelegt, entlang dessen dann eine Arbeitsschnittebene verschoben wird. Die Arbeitsschnittebene verläuft dabei senkrecht zum momentan betrachteten Abschnitt des Polygonzugs.
- 15 Ein beliebiges Navigieren entlang der Gefäßhauptachse in einer Gefäßstruktur ist dadurch stark eingeschränkt und bedarf einer Neuauswahl eines Polygonzugs entlang der Gefäßstruktur. Die Interaktivität zwischen automatisierter Messung und manueller Korrektur, mittels der die visuelle Auswertung den Bedürfnissen des Arztes angepasst wird, ist sehr beschränkt.
- 20 Ein derartiger Workflow ist im klinisch interventionellen Umfeld inakzeptabel.

- 25 Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Bearbeitungsverfahren für einen Volumendatensatz zu schaffen, mittels dessen eine erheblich komfortablere Navigation durch das Gefäß möglich ist.

- 30 Die Aufgabe wird durch ein Bearbeitungsverfahren mit folgenden Schritten gelöst:

- Es wird ein Arbeitspunkt bestimmt,
- von einem Rechner werden den Arbeitspunkt enthaltende Schnittebenen ermittelt,
- 35 - vom Rechner wird für jede der Schnittebenen eine in der jeweiligen Schnittebene enthaltene, vom Gefäß eingeschlossene Schnittfläche ermittelt,

- vom Rechner wird die Schnittebene mit der minimalen Schnittfläche ermittelt, und
- vom Rechner wird anhand der Schnittebene mit der minimalen Schnittfläche eine Arbeitsschnittebene ermittelt.

5

Denn dadurch verläuft die Arbeitsschnittebene unabhängig vom vorgegebenen Pfad stets im wesentlichen senkrecht zur lokalen Gefäßhauptachse.

- 10 Wenn vom Rechner der Schwerpunkt der minimalen Schnittfläche ermittelt wird und anhand des Schwerpunkts innerhalb der Arbeitsschnittebene ein neuer Arbeitspunkt bestimmt wird, ist der Arbeitspunkt vom Rechner automatisch zum Schwerpunkt hin korrigierbar. Dabei liegt vorzugsweise der neu bestimmte Arbeitspunkt zwischen dem alten Arbeitspunkt und dem Schwerpunkt. Denn durch diese nur teilweise Korrektur ist das Bearbeitungsverfahren stabiler gegen Rauschen und kleinere Schwankungen der Gefäßkontur.

- 20 Wenn dem Rechner von einem Anwender Kippbefehle vorgegeben werden und die Arbeitsschnittebene vom Rechner entsprechend den vorgegebenen Kippbefehlen um Kippachsen verkippt wird, ist eine manuelle Nachkorrektur der vom Rechner ermittelten Arbeitsschnittebene möglich. Vorzugsweise werden dem Rechner die Kippbefehle dabei über einen Joystick, eine Maus oder Cursortasten einer Tastatur vorgegeben. Lediglich der Vollständigkeit halber sei ferner erwähnt, dass die Kippachsen vorzugsweise senkrecht zueinander verlaufen.

- 30 Wenn dem Rechner von einem Anwender Verschiebebefehle vorgegeben werden, der Arbeitspunkt vom Rechner entsprechend den vorgegebenen Verschiebebefehlen neu bestimmt wird, wobei eine Verbindungslinie zwischen dem vorherigen Arbeitspunkt und dem neu bestimmten Arbeitspunkt senkrecht zur Arbeitsschnittebene verläuft, und vom Rechner die Arbeitsschnittebene entsprechend den in Anspruch 1 angegebenen Schritten neu ermittelt wird, ist es auf einfache Weise möglich, durch Verschieben
- 35

der Arbeitsschnittebene sich durch das Gefäß hindurch zu arbeiten. Die Verschiebebefehle können dabei analog zur Vorgabe der Kippbefehle über Cursortasten einer Tastatur, eine Maus oder einen Joystick vorgegeben werden.

5

Wenn vom Rechner eine von einem Projektionszentrum ausgehende perspektivische Projektion des Volumendatensatzes in eine Bildebene ermittelt und auf einem Sichtgerät dargestellt wird, ist der Bedeutungsinhalt des Volumendatensatzes von einem Anwender besonders einfach und intuitiv begreifbar.

10

Der Volumendatensatz ist noch leichter auswertbar, wenn die Arbeitsschnittebene vom Rechner in der perspektivischen Projektion mit dargestellt wird.

15

Wenn vom Rechner auf dem Sichtgerät auch ein durch die Arbeitsschnittebene bestimmter Schnitt durch den Volumendatensatz mit dargestellt wird, ist die Auswertung des Volumendatensatzes noch einfacher.

20

Die Bestimmung des Arbeitspunkts ist besonders einfach und für einen Anwender besonders komfortabel, wenn

- dem Rechner von einem Anwender ein Bildpunkt der Bildebene vorgegeben wird,
- vom Rechner anhand des Projektionszentrums und des Bildpunktes ein Projektionsstrahl ermittelt wird,
- vom Rechner ein Schnittpunkt des Projektionsstrahles mit dem Gefäß ermittelt wird und
- der Arbeitspunkt vom Rechner anhand des Schnittpunktes bestimmt wird.

25

30

Die Vorgabe des Bildpunkts ist dabei besonders einfach, wenn er dem Rechner durch Positionieren eines Cursors und Eingabe eines Bestätigungsbefehls vorgegeben wird.

35

Alternativ zur Vorgabe des Arbeitspunkts durch einen Anwender ist es auch möglich, dass vom Rechner für eine Vielzahl von

möglichen Arbeitspunkten entsprechend den in Anspruch 1 angegebenen Schritten jeweils die Schnittebene mit minimaler Schnittfläche bestimmt wird, vom Rechner für jede dieser minimalen Schnittflächen ein charakteristischer Wert ermittelt wird und vom Rechner anhand eines Beurteilungskriteriums für die charakteristischen Werte einer der möglichen Arbeitspunkte als Arbeitspunkt bestimmt wird. Der charakteristische Wert kann dabei z. B. das Flächenmaß selbst, eine Minimalerstreckung oder eine Maximalerstreckung der minimalen Schnittflächen sein.

Vorzugsweise wird derjenige der möglichen Arbeitspunkte als Arbeitspunkt ermittelt, bei dem der charakteristische Wert der korrespondierenden minimalen Schnittfläche minimal ist.

Das Bearbeitungsverfahren kann dadurch noch verbessert werden, dass vom Rechner die ermittelten charakteristischen Werte als Funktion des vorläufigen Arbeitspunktes auf dem Sichtgerät mit dargestellt werden.

Die Bestimmung des Arbeitspunktes kann dabei beschleunigt werden, wenn dem Rechner von einem Anwender ein Startpunkt und ein Endpunkt derart vorgegeben werden, dass die minimale Schnittfläche einer bezüglich des Startpunkts ermittelten Schnittebene mit dem Gefäß mit minimaler Schnittfläche an einem anderen Ort angeordnet ist als die minimale Schnittfläche einer bezüglich des Endpunkts ermittelten Schnittebene mit dem Gefäß mit minimaler Schnittfläche und die möglichen Arbeitspunkte bezüglich des Gefäßes zwischen dem Startpunkt und dem Endpunkt liegen.

Weitere Vorteile und Einzelheiten ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels in Verbindung mit den Zeichnungen. Dabei zeigen in Prinzipdarstellung

FIG 1 einen Rechner mit seinen wesentlichen Komponenten,

FIG 2 schematisch eine perspektivische Darstellung eines Volumendatensatzes,

5 FIG 3 eine weitere perspektivische Darstellung des Volumendatensatzes,

FIG 4 schematisch die Bestimmung einer Arbeitsschnittebene,

10 FIG 5 die Darstellung von FIG 3 zusammen mit einer Arbeitsschnittebene,

FIG 6 einen Ausschnitt von FIG 5,

15 FIG 7 eine ergänzende Darstellung zu FIG 5,

FIG 8 eine weitere perspektivische Darstellung eines Volumendatensatzes und

20 FIG 9 einen funktionalen Verlauf eines charakteristischen Wertes.

Gemäß FIG 1 weist ein Rechner einen Datenspeicher 1 und einen Arbeitsspeicher 2 auf, die mit einer Recheneinheit 3 verbunden sind. Mit der Recheneinheit 3 sind ferner ein Sichtgerät 4, z. B. ein Monitor 4, sowie Eingabeeinheiten 5 bis 7 verbunden. Die Eingabeeinheiten 5 bis 7 umfassen beispielsweise eine Maus 5, einen Joystick 6 und eine Tastatur 7. Die Tastatur 7 umfasst insbesondere Cursortasten 8.

30 Die Recheneinheit 3 arbeitet ein Computerprogrammprodukt 9 ab, mit dem der Rechner programmiert ist. Im Rahmen der Abarbeitung des Computerprogrammprodukts 9 greift die Recheneinheit 3 dabei unter anderem auf den Datenspeicher 1 und den Arbeitsspeicher 2 zu, nimmt von den Eingabeeinheiten 5 bis 7
35 Eingaben entgegen und liefert über das Sichtgerät 4 Ausgaben. Die Eingaben erfolgen von einem Anwender 10, die Ausgaben erfolgen an den Anwender 10.

Im Datenspeicher 1 ist ein Volumendatensatz abgespeichert. Der Volumendatensatz weist eine Vielzahl von Volumendatenelementen 11 auf. Jedem Volumendatenelement 11 sind drei Koordinaten x , y , z eines Koordinatensystems und ein Datenwert d zugeordnet. Das Koordinatensystem ist typischerweise ein rechtshändiges, rechtwinkliges kartesisches Koordinatensystem. Eines der Volumendatenelemente 11 ist beispielhaft in FIG 2 dargestellt.

Der Rechner ist in der Lage, eine zweidimensionale perspektivische Projektion in eine Bildebene 12 zu ermitteln und auf dem Sichtgerät 4 darzustellen. Dies ist schematisch in FIG 2 angedeutet. Die perspektivische Projektion geht dabei von einem Projektionszentrum 13 aus. Anhand von vom Projektionszentrum 13 ausgehenden Projektionsstrahlen 14 ermittelt der Rechner für eine Vielzahl von Bildpunkten 15 die zugehörigen Bilddatenwerte. Die so ermittelte perspektivische Projektion wird dann auf dem Sichtgerät 4 dargestellt.

Gemäß FIG 3 beschreibt der Volumendatensatz ein Gefäßsystem mit röhrenartigen Gefäßen 24 und deren Umgebung 25. Verfahren zum Auffinden der Gefäße 24 in der Umgebung 25 anhand der Datenwerte d der Volumendatenelemente 11 sind dabei allgemein bekannt. Ebenfalls bekannt sind Verfahren, mittels derer das Gefäßsystem selbst aus der Umgebung 25 hervorhebbar bzw. die Umgebung 25 ausblendbar ist.

Vom Anwender 10 wird nun dem Rechner ein Bildpunkt 15 der Bildebene 12 vorgegeben. Dies geschieht beispielsweise dadurch, dass der Anwender 10 einen Cursor 16 positioniert und dann einen Bestätigungsbefehl eingibt. Der Cursor 16 kann beispielsweise mittels der Cursortasten 8 positioniert werden und dann eine Enter-Taste der Tastatur 7 gedrückt werden. Alternativ kann der Cursor 16 z. B. mit der Maus 5 positioniert werden und dann durch Betätigen einer Maustaste die Position

bestätigt werden. In ähnlicher Weise ist auch eine Positionierung und Bestätigung mittels des Joysticks 6 möglich.

Das Projektionszentrum 13 und der ausgewählte Bildpunkt 15
5 definieren einen Projektionsstrahl 14. Der Rechner ermittelt daher anhand des Projektionszentrums 13 und des Bildpunkts 15 diesen Projektionsstrahl 14 und verfolgt ihn in das Volumen hinein, bis er auf ein Gefäß 24 trifft. Wenn der Projektionsstrahl 14 auf ein Gefäß 24 trifft, entspricht dies einem
10 Schnittpunkt 17 des Projektionsstrahls 14 mit dem Gefäß 24. Anhand dieses Schnittpunkts 17 wird dann vom Rechner ein Arbeitspunkt 18 bestimmt. Der Arbeitspunkt 18 kann dabei insbesondere mit dem Schnittpunkt 17 identisch sein.

15 Ausgehend vom Arbeitspunkt 18 bestimmt der Rechner nunmehr eine Vielzahl von Richtungen innerhalb einer Halbkugel. Ein Teil dieser Richtungen ist beispielhaft in FIG 4 eingezeichnet. Sodann bestimmt der Rechner die zu den Richtungen senkrechten Schnittebenen durch den Arbeitspunkt 18. Für jede
20 dieser Schnittebenen ermittelt der Rechner dann eine Schnittfläche. Die Schnittfläche ist dabei dadurch definiert, dass sie in der jeweiligen Schnittebene enthalten ist und vom Gefäß 24 eingeschlossen ist. Durch Vergleich der Schnittflächen miteinander ermittelt der Rechner dann eine Arbeitsschnittebene 19. Die Arbeitsschnittebene 19 ist dabei diejenige der
25 Schnittebenen, welche die minimale Schnittfläche aufweist.

In der Praxis hat es sich als hinreichend genau erwiesen, die einzelnen Richtungen, bezüglich derer die Schnittebenen ermittelt werden, wie folgt festzulegen: Eine Richtung verläuft
30 parallel zur z-Achse. Vier Richtungen schließen mit der z-Achse einen Winkel vom $22,5^\circ$ ein und sind auf einem so definierten Kreisring gleich verteilt. Acht Richtungen schließen mit der z-Achse einen Winkel von 45° ein und sind auf einem
35 so definierten Kreisring ebenfalls gleich verteilt. Gleiches gilt bezüglich zwölf Richtungen, die mit der z-Achse einen Winkel von $67,5^\circ$ einschließen. Ebenso sind sechzehn Rich-

tungsvektoren, die senkrecht zur z-Achse verlaufen, jeweils um $22,5^\circ$ in der xy-Ebene gegeneinander versetzt.

Mittels diesen Richtungsvektoren wird im Regelfall mit hinreichender Genauigkeit die Arbeitsschnittebene 19 ermittelt. Gegebenenfalls kann aber auch in einem zweiten Durchlauf eine genauere Optimierung erfolgen.

Der aufgrund der Vorgabe des Bildpunktes 15 ermittelte Arbeitspunkt 18 liegt in der Regel am Rand des Gefäßes 24. Um diesen Arbeitspunkt 18 besser zu zentrieren, wird vom Rechner der Schwerpunkt 20 der minimalen Schnittfläche ermittelt. Anhand des Schwerpunkts 20 wird dann vom Rechner innerhalb der Arbeitsschnittebene 19 ein neuer Arbeitspunkt 18' bestimmt. Dabei liegt aus Stabilitätsgründen vorzugsweise der neu bestimmte Arbeitspunkt 18' zwischen dem alten Arbeitspunkt 18 und dem Schwerpunkt 20.

Wie aus der Darstellung gemäß FIG 5 hervorgeht, wird die Arbeitsschnittebene 19 vom Rechner in der perspektivischen Projektion mit dargestellt. In FIG 5 sind ferner zwei Richtungspfeile 21 eingezeichnet. Diese Richtungspfeile 21 verlaufen senkrecht zur Arbeitsschnittebene 19. In die durch die Richtungspfeile 21 angegebenen Richtungen kann die Arbeitsschnittebene 19 verschoben werden. Dies geschieht wie folgt:

Dem Rechner wird vom Anwender 10 ein Verschiebebefehl vorgegeben. Die Vorgabe des Verschiebebefehls erfolgt dabei wahlweise durch die Cursortasten 8, die Maus 5 oder - vorzugsweise - über den Joystick 6. Eine Eingabe eines Bestätigungsbefehls ist möglich, aber nicht zwingend erforderlich.

Aufgrund des Verschiebebefehls bestimmt der Rechner - je nach Verschieberichtung - einen neuen Arbeitspunkt 18. Eine Verbindungslinie zwischen dem vorherigen Arbeitspunkt 18 bzw. 18' und dem neu bestimmten Arbeitspunkt 18 verläuft dabei entlang der Richtungspfeile 21, also senkrecht zur Arbeitsschnittebene 19. Für den nunmehr neu bestimmten Arbeitspunkt

18 wird erneut entsprechend dem in Verbindung mit FIG 4 erläuterten Verfahren die Arbeitsschnittebene 19 bestimmt. Auch hierbei wird gegebenenfalls wieder der Arbeitspunkt 18 auf den Schwerpunkt 20 der neu ermittelten minimalen Schnittfläche zu verschoben. Dadurch nähert sich der Arbeitspunkt 18 nach und nach der Gefäßhauptachse.

Wie besonders deutlich aus FIG 6 ersichtlich ist, ist die Arbeitsschnittebene 19 um Kippachsen 22, 23 kippbar. Die Kippachsen 22, 23 schneiden sich dabei in einem rechten Winkel im Arbeitspunkt 18. Die in FIG 6 dargestellten Kippachsen 22, 23 werden dabei vorzugsweise nur dann eingeblendet, wenn der Anwender 20 dem Rechner einen Kippwunsch anzeigt. Das Anzeigen eines Kippwunsches kann beispielsweise dadurch erfolgen, dass der Anwender 10 einen bestimmten Vorbefehl eingibt. Betätigt der Anwender 10 beispielsweise eine bestimmte Taste der Maus 5, des Joysticks 6 oder der Tastatur 7, so wird dies vom Rechner dahingehend interpretiert, dass eine nachfolgende Betätigung der Cursortasten 8, der Maus 5 oder des Joysticks 6 nicht zur Verschiebung der Arbeitsschnittebene 19 herangezogen werden soll, sondern zu deren Verkipfung. Auch die Kippbefehle selbst werden dem Rechner daher vom Anwender 10 über den Joystick 6, die Maus 5 oder die Cursortasten 8 der Tastatur 7 vorgegeben. Entsprechend den vorgegebenen Kippbefehlen verkippt der Rechner dann die Arbeitsschnittebene 19 um die Kippachsen 22, 23. Ein Verschieben des Arbeitspunktes 18 nach einem Verkippen der Arbeitsschnittebene 19 findet aber nicht statt.

Wie aus FIG 7 ersichtlich ist, kann zusammen mit der perspektivischen Projektion vom Rechner auf dem Sichtgerät 4 auch ein Schnitt durch den Volumendatensatz mit dargestellt werden, der durch die Arbeitsschnittebene 19 bestimmt ist. Diese Darstellung zeigt dabei vorzugsweise nicht nur das Gefäß 24 selbst, sondern auch dessen Umgebung 25. Ferner sind in diesen Darstellungen vorzugsweise ein minimaler Radius 26 und

ein maximaler Radius 27 zum Gefäß 24 eingezeichnet. Die Radien 26, 27 gehen dabei vom Schwerpunkt 20 aus.

Bei dem oben stehend beschriebenen Bearbeitungsverfahren wird der Arbeitspunkt 18 vom Rechner aufgrund einer eindeutigen Vorgabe durch den Benutzer 10 bestimmt. Der Arbeitspunkt 18 wird zwar gegebenenfalls nochmals innerhalb der aufgefundenen Arbeitsschnittebene 19 korrigiert, nicht aber vom Rechner selbsttätig ermittelt. Es ist aber auch möglich, dass der Rechner den Arbeitspunkt 18 ausschließlich anhand des Gefäßes 24 selbst ermittelt. Dies wird nachstehend in Verbindung mit FIG 8 näher erläutert.

Gemäß FIG 8 werden dem Rechner vom Anwender 10 zunächst ein Startpunkt 28 und ein Endpunkt 29 vorgegeben. Bezüglich dieser beiden Punkte 28, 29 ermittelt der Rechner dann eine Startsnittebene 30 und eine Endsnittebene 31. Ferner korrigiert er innerhalb der Startsnittebene 30 den Startpunkt 28 in Richtung des Schwerpunkts der Schnittfläche der ermittelten Startsnittebene 30 mit dem Gefäß 24. Ebenso korrigiert er den Endpunkt 29 in Richtung auf den Schwerpunkt der Schnittfläche der Endsnittebene 31 mit dem Gefäß 24 zu. Die Vorgabe des Startpunkts 28, die Ermittlung der Startsnittebene 30 sowie die Korrektur des Startpunkts 28 innerhalb der Startsnittebene 30 erfolgen völlig analog zur Vorgabe des Arbeitspunkts 18, dem Bestimmen der Arbeitsschnittebene 19 und der Korrektur des Arbeitspunkts 18 gemäß FIG 4. Die Startsnittebene 30 weist somit bezüglich des Startpunkts 28 die minimale Schnittfläche mit dem Gefäß 24 auf. Gleiches gilt für die Endsnittebene 31 und den Endpunkt 29. Die minimalen Schnittflächen dieser Ebenen 30, 31 sind gemäß FIG 8 ersichtlich an voneinander verschiedenen Orten angeordnet. Durch die Vorgabe von Startpunkt 28 und Endpunkt 29 wird somit ein Bereich des Gefäßsystems vorselektiert. Innerhalb dieses Bereichs wird dann vom Rechner selbsttätig der Arbeitspunkt 18 ermittelt.

Wie in FIG 8 durch Pfeile 32 schematisch angedeutet ist, werden vom Rechner innerhalb dieses Bereichs nacheinander eine Vielzahl von möglichen Arbeitspunkten und für jeden dieser möglichen Arbeitspunkte entsprechend dem in Verbindung mit

5 FIG 4 beschriebenen Verfahren die korrespondierende mögliche Arbeitsschnittebene bestimmt. Die möglichen Arbeitspunkte liegen also bezüglich des Gefäßes 24 zwischen dem Startpunkt 28 und dem Endpunkt 29.

Auch wird jeweils die Schnittebene mit minimaler Schnittfläche bestimmt. Für jede dieser minimalen Schnittflächen ermittelt der Rechner einen charakteristischen Wert. Der charakteristische Wert kann beispielsweise die Größe der Schnittfläche selbst sein. Alternativ kann sie auch mit einem der Radien 26, 27 für die jeweilige Schnittfläche korrespondieren.

15 Anhand eines Beurteilungskriteriums für die charakteristischen Werte ermittelt der Rechner dann einen der möglichen Arbeitspunkte als Arbeitspunkt 18.

Das Bearbeitungsverfahren wird im medizinischen Bereich vorzugsweise zum Auffinden und Diagnostizieren von Stenosen, also Gefäßverengungen, verwendet. Vorzugsweise wird daher derjenige der möglichen Arbeitspunkte als Arbeitspunkt 18 ermittelt, bei dem der charakteristische Wert der korrespondierenden minimalen Schnittfläche selbst wiederum minimal ist.

25 Wie in FIG 9 schematisch dargestellt ist, können die ermittelten charakteristischen Werte vom Rechner als Funktion des vorläufigen Arbeitspunktes auf dem Sichtgerät 4 mit dargestellt werden. Vorzugsweise wird dabei der tatsächliche Arbeitspunkt 18 durch eine Markierung 33 hervorgehoben.

Mittels des vorstehend beschriebenen Bearbeitungsverfahrens ist somit auf einfache Weise eine automatische Bestimmung der lokalen Gefäßorientierung (Gefäßachse) trotz Vorgabe nur eines einzigen Punktes, nämlich des Schnittpunktes 17 eines Projektionsstrahls 14 mit dem Gefäß 24, bestimmbar. Dadurch

35 kann die Benutzerschnittstelle zum Anwender 10 erheblich ver-

einfacht werden. Insbesondere kann halbautomatisch (interaktiv) oder sogar vollautomatisch auf einfache Weise eine Stenose ermittelt und dargestellt werden. Auch ein Navigieren vor und zurück ist erheblich vereinfacht. Sogar eine Korrektur der Arbeitsschnittebene 19 durch Verkippen um die Kippachsen 22, 23 ist auf einfache Weise möglich. Insbesondere die Akzeptanz eines derartigen rechnergestützten Bearbeitungsverfahrens im klinischen Umfeld kann dadurch erheblich vergrößert werden.

Patentansprüche

1. Bearbeitungsverfahren für einen Volumendatensatz, der mindestens ein röhrenartiges Gefäß (24) und dessen Umgebung (25) beschreibt,

- wobei ein Arbeitspunkt (18) bestimmt wird,
- wobei von einem Rechner den Arbeitspunkt (18) enthaltende Schnittebenen ermittelt werden,
- wobei vom Rechner für jede der Schnittebenen eine in der jeweiligen Schnittebene enthaltene, vom Gefäß (24) eingeschlossene Schnittfläche ermittelt wird,
- wobei vom Rechner die Schnittebene mit der minimalen Schnittfläche ermittelt wird und
- wobei vom Rechner anhand der Schnittebene mit der minimalen Schnittfläche eine Arbeitsschnittebene (19) ermittelt wird.

2. Bearbeitungsverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass vom Rechner der Schwerpunkt (20) der minimalen Schnittfläche ermittelt wird und anhand des Schwerpunkts (20) innerhalb der Arbeitsschnittebene (19) ein neuer Arbeitspunkt (18') bestimmt wird.

3. Bearbeitungsverfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der neu bestimmte Arbeitspunkt (18') zwischen dem alten Arbeitspunkt (18) und dem Schwerpunkt (20) liegt.

4. Bearbeitungsverfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass dem Rechner von einem Anwender (10) Kippbefehle vorgegeben werden und dass die Arbeitsschnittebene (19) vom Rechner entsprechend den vorgegebenen Kippbefehlen um Kippachsen (22, 23) verkippt wird.

5. Bearbeitungsverfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet,

dass die Kippbefehle dem Rechner über einen Joystick (6), eine Maus (5) oder Cursortasten (8) einer Tastatur (7) vorgegeben werden.

5 6. Bearbeitungsverfahren nach einem der obigen Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass dem Rechner von einem Anwender (10) Verschiebebefehle
vorgegeben werden, dass der Arbeitspunkt (18) vom Rechner
entsprechend den vorgegebenen Verschiebebefehlen neu bestimmt
10 wird, wobei eine Verbindungslinie zwischen dem vorherigen Arbeitspunkt (18) und dem neu bestimmten Arbeitspunkt (18)
senkrecht zur Arbeitsschnittebene (19) verläuft, und dass so-
dann vom Rechner die Arbeitsschnittebene (19) entsprechend
den in Anspruch 1 angegebenen Schritten neu ermittelt wird.

15

7. Bearbeitungsverfahren nach Anspruch 6,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Verschiebebefehle dem Rechner über einen Joystick
(6), eine Maus (5) oder Cursortasten (8) einer Tastatur (7)
20 vorgegeben werden.

8. Bearbeitungsverfahren nach einem der obigen Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass vom Rechner eine von einem Projektionszentrum (13) aus-
gehende perspektivische Projektion des Volumendatensatzes in
eine Bildebene (12) ermittelt und auf einem Sichtgerät (4)
25 dargestellt wird.

9. Bearbeitungsverfahren nach Anspruch 8,
30 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Arbeitsschnittebene (19) vom Rechner in der perspektivischen Projektion mit dargestellt wird.

10. Bearbeitungsverfahren nach Anspruch 8 oder 9,
35 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass vom Rechner auf dem Sichtgerät (4) auch ein durch die

Arbeitsschnittebene (19) bestimmter Schnitt durch den Volumendatensatz mit dargestellt wird.

11. Bearbeitungsverfahren nach Anspruch 8, 9 oder 10,

5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

- dass dem Rechner von einem Anwender (10) ein Bildpunkt (15) der Bildebene (12) vorgegeben wird,

- dass vom Rechner anhand des Projektionszentrums (13) und des Bildpunktes (15) ein Projektionsstrahl (14) ermittelt
10 wird,

- dass vom Rechner ein Schnittpunkt (17) des Projektionsstrahles (14) mit dem Gefäß (24) ermittelt wird und

- dass der Arbeitspunkt (18) vom Rechner anhand des Schnittpunktes (17) bestimmt wird.

15

12. Bearbeitungsverfahren nach Anspruch 11,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass der Bildpunkt (15) dem Rechner durch Positionieren eines Cursors (16) und Eingeben eines Bestätigungsbefehls vorgegeben
20 wird.

13. Bearbeitungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass vom Rechner für eine Vielzahl von möglichen Arbeitspunkten entsprechend den in Anspruch 1 angegebenen Schritten jeweils die Schnittebene mit minimaler Schnittfläche bestimmt
25 wird, dass vom Rechner für jede dieser Schnittebenen ein charakteristischer Wert ermittelt wird und dass vom Rechner anhand eines Beurteilungskriteriums für die charakteristischen

30 Werte einer der möglichen Arbeitspunkte als Arbeitspunkt (18) bestimmt wird.

14. Bearbeitungsverfahren nach Anspruch 13,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

35 dass der charakteristische Wert das Flächenmaß, eine Minimalerstreckung oder eine Maximalerstreckung der minimalen Schnittfläche ist.

15. Bearbeitungsverfahren nach Anspruch 13 oder 14,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass derjenige der möglichen Arbeitspunkte als Arbeitspunkt
(18) ermittelt wird, bei dem der charakteristische Wert der
5 korrespondierenden Schnittfläche minimal ist.

16. Bearbeitungsverfahren nach Anspruch 13, 14 oder 15,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die ermittelten charakteristischen Werte vom Rechner als
10 Funktion des vorläufigen Arbeitspunktes auf dem Sichtgerät
(4) mit dargestellt werden.

17. Bearbeitungsverfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 16,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
15 - dass dem Rechner von einem Anwender (10) ein Startpunkt
(28) und ein Endpunkt (29) derart vorgegeben werden, dass
die minimale Schnittfläche einer bezüglich des Startpunkts
(28) ermittelten Schnittebene (30) mit dem Gefäß (24) mit
minimaler Schnittfläche an einem anderen Ort angeordnet ist
20 als die minimale Schnittfläche einer bezüglich des End-
punkts (29) ermittelten Schnittebene (31) mit dem Gefäß
(24) mit minimaler Schnittfläche, und
- dass die möglichen Arbeitspunkte bezüglich des Gefäßes (24)
zwischen dem Startpunkt (28) und dem Endpunkt (29) liegen.

25 18. Computerprogrammprodukt zur Durchführung eines Bearbei-
tungsverfahrens nach einem der obigen Ansprüche.

30 19. Mit einem Computerprogrammprodukt nach Anspruch 18 pro-
grammierter Rechner.

Zusammenfassung

Bearbeitungsverfahren für einen Volumendatensatz

- 5 Ein Volumendatensatz beschreibt mindestens ein röhrenartiges Gefäß (24) und dessen Umgebung (25). Im Rahmen der Bearbeitung des Volumendatensatzes wird zunächst ein Arbeitspunkt (18) bestimmt. Ein Rechner ermittelt dann den Arbeitspunkt (18) enthaltende Schnittebenen und für jede der Schnittebenen
- 10 eine in der jeweiligen Schnittebene enthaltene, vom Gefäß (24) eingeschlossene Schnittfläche. Schließlich ermittelt der Rechner die Schnittebene mit der minimalen Schnittfläche und anhand dieser Schnittebene eine Arbeitschnittebene (19).

15 FIG 5

FIG 1

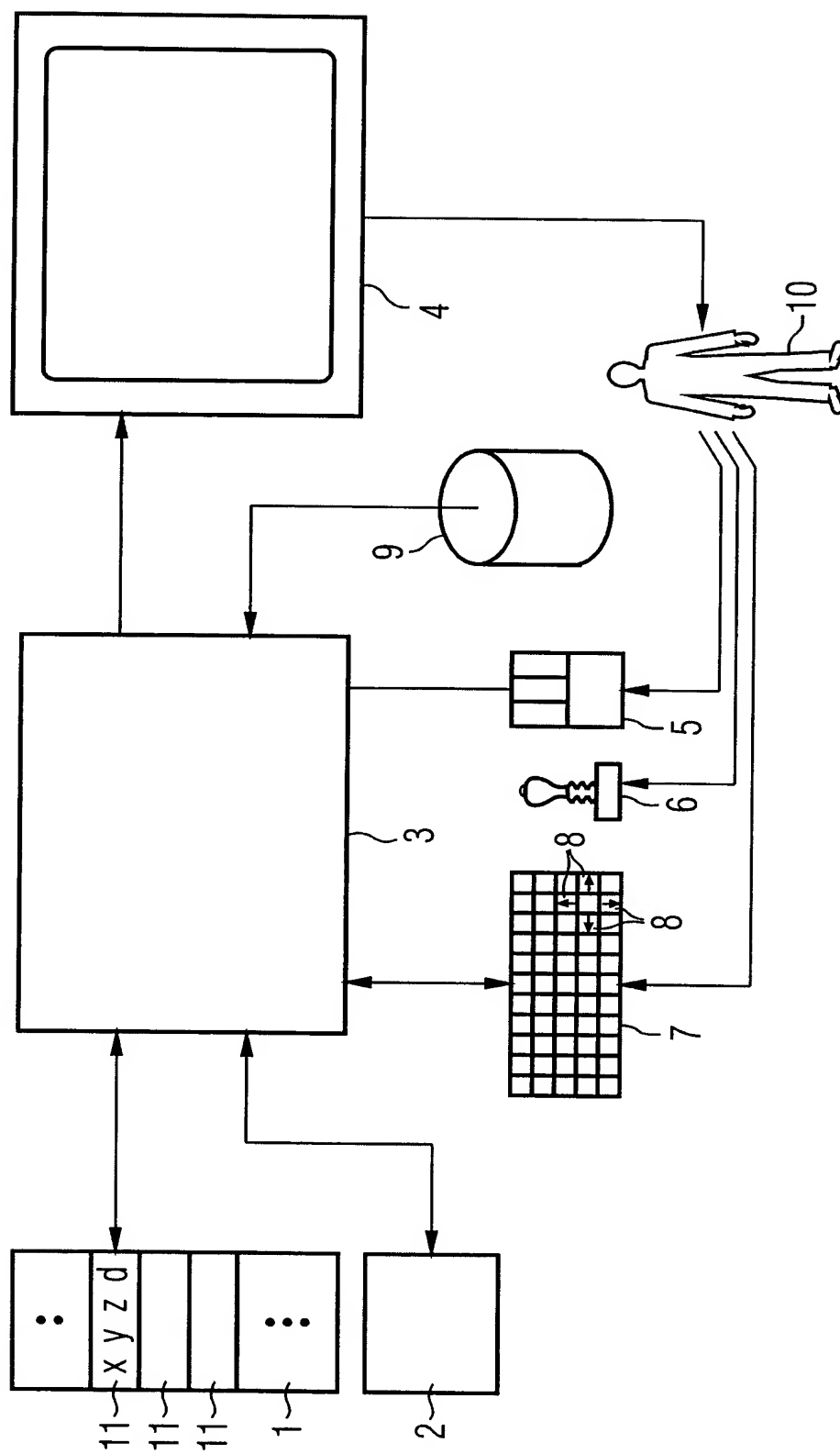
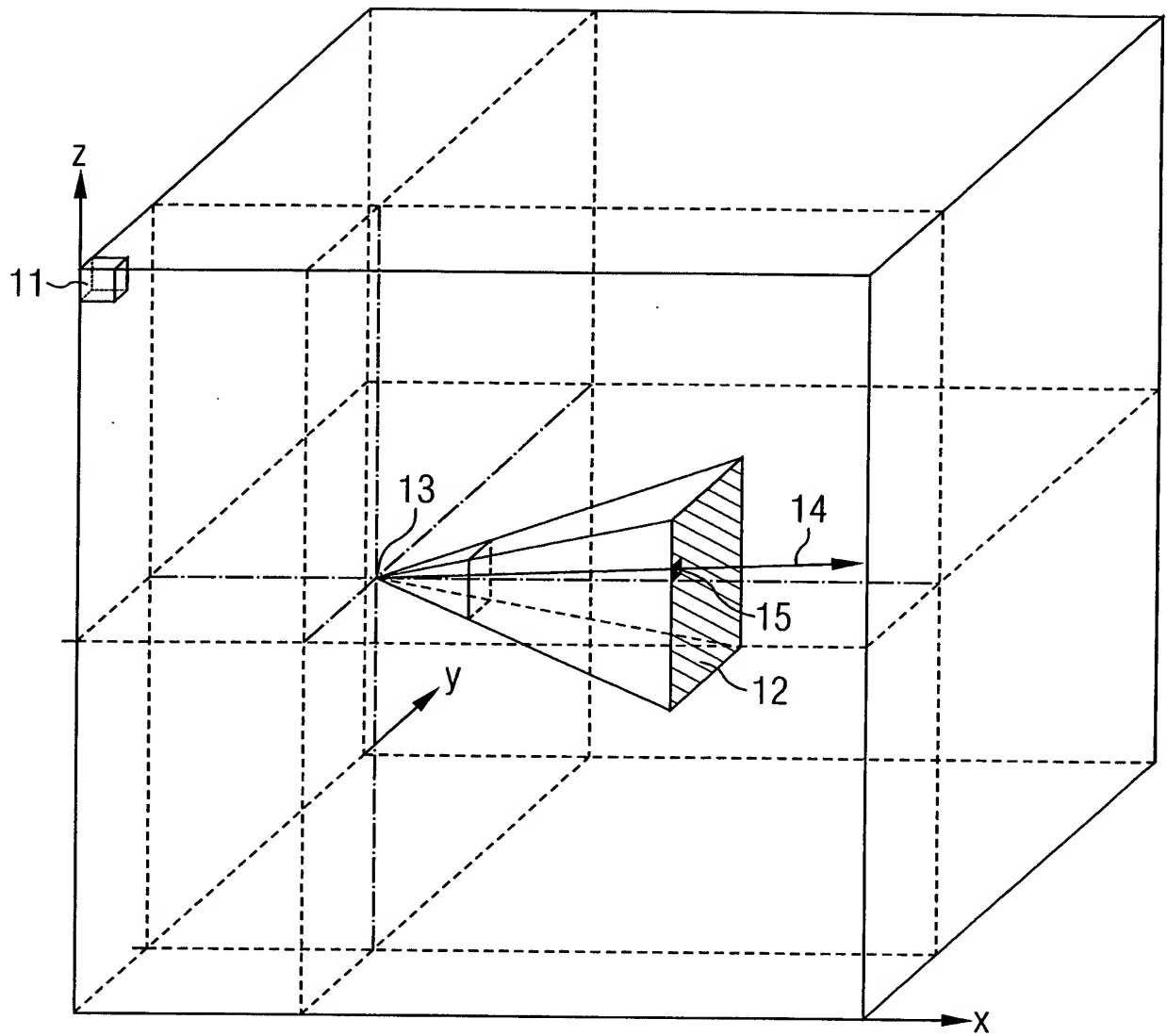


FIG 2



200205109

FIG 3

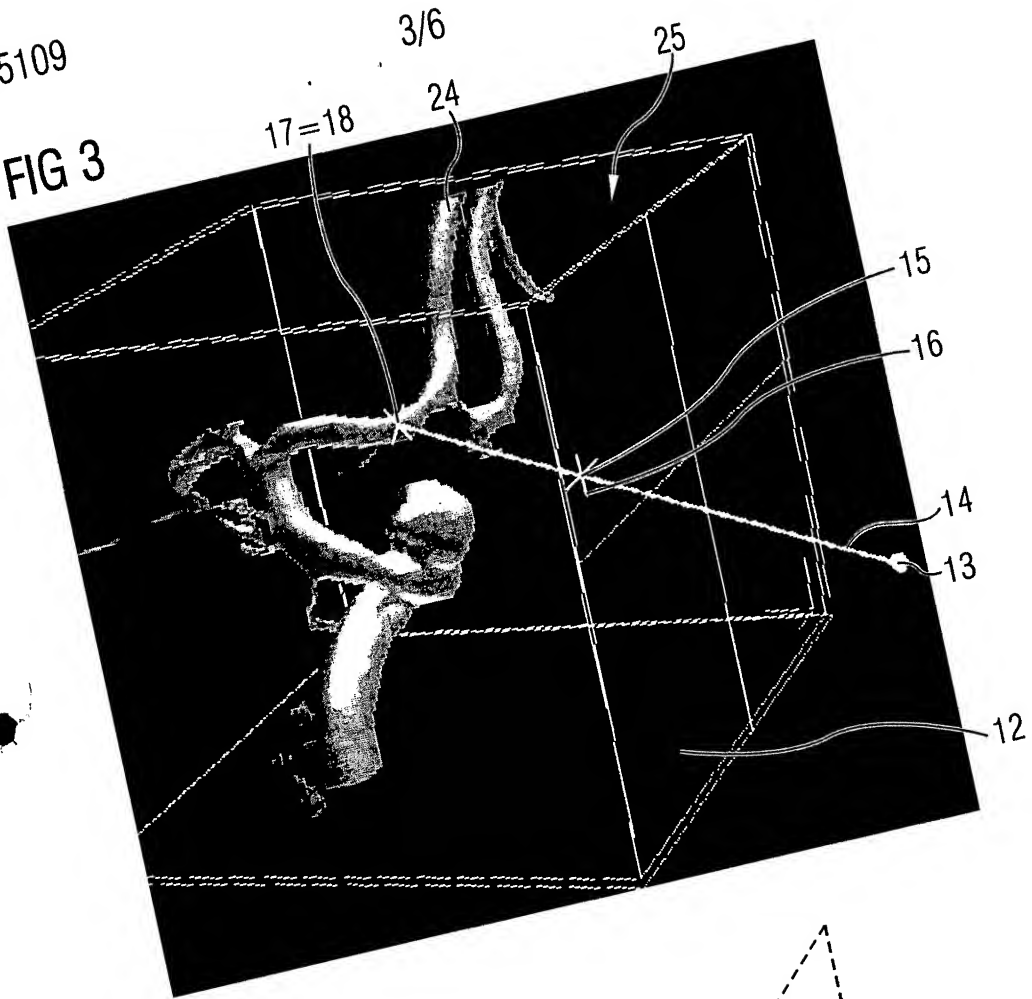


FIG 4

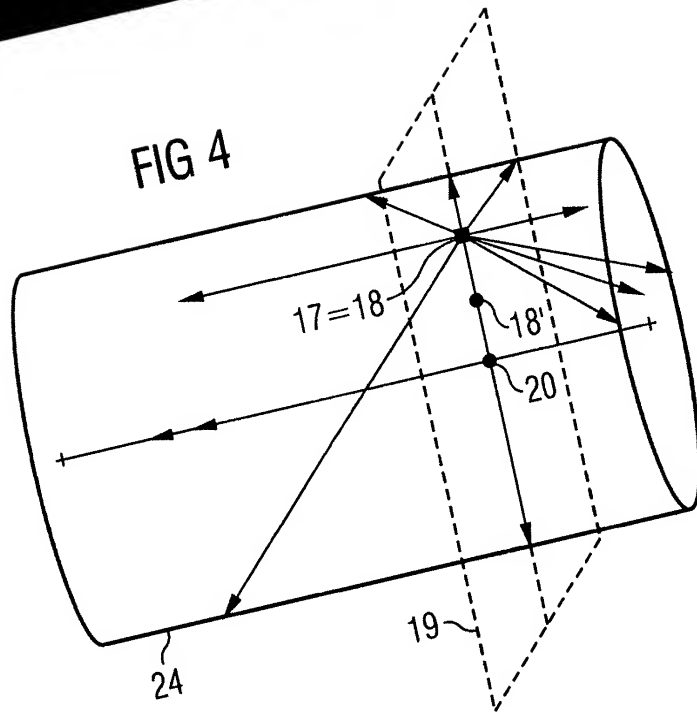


FIG 5

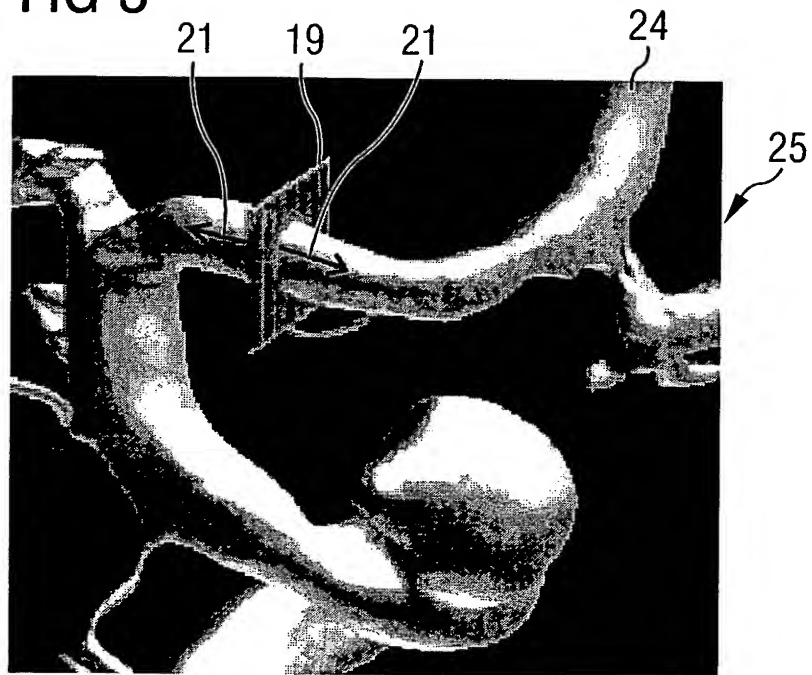


FIG 6

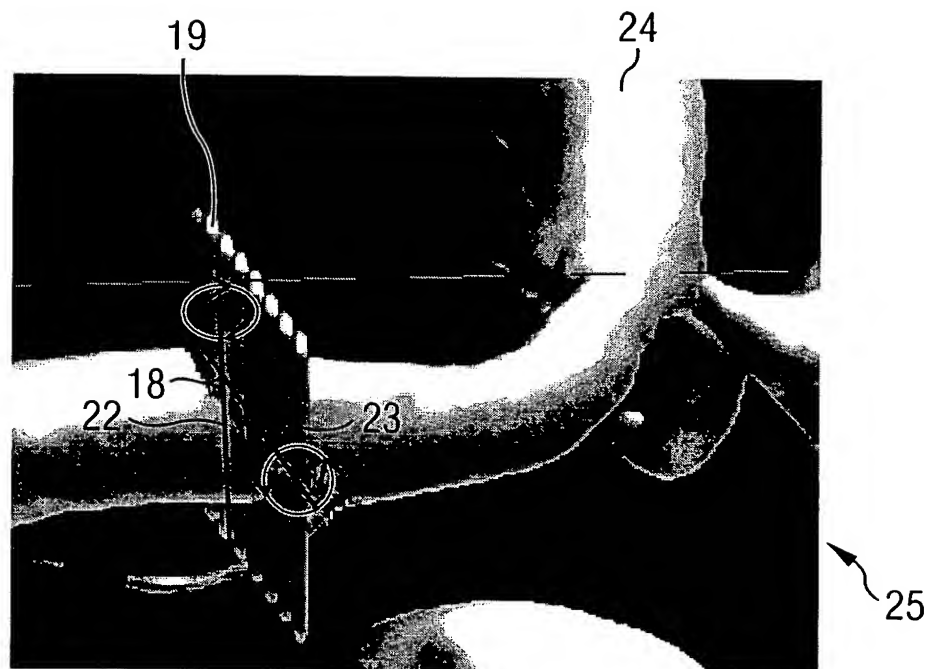


FIG 7

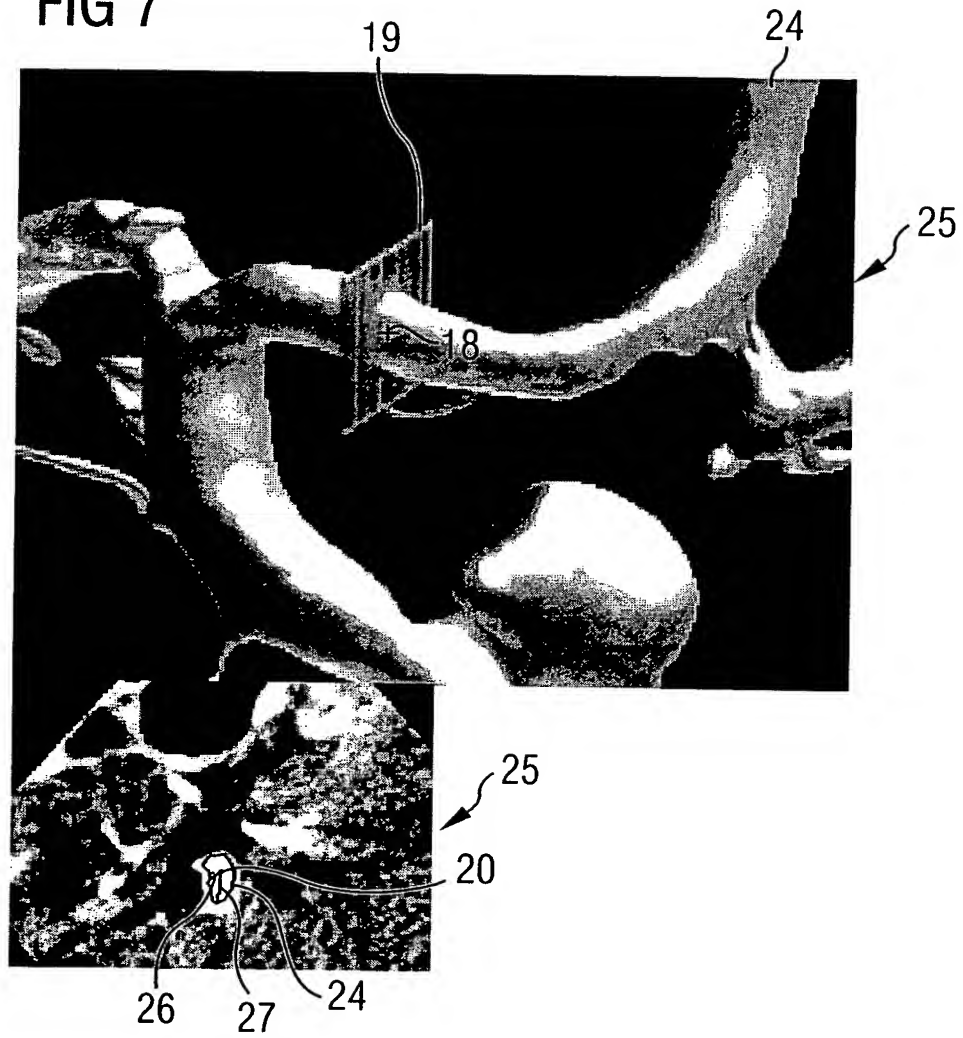


FIG 8

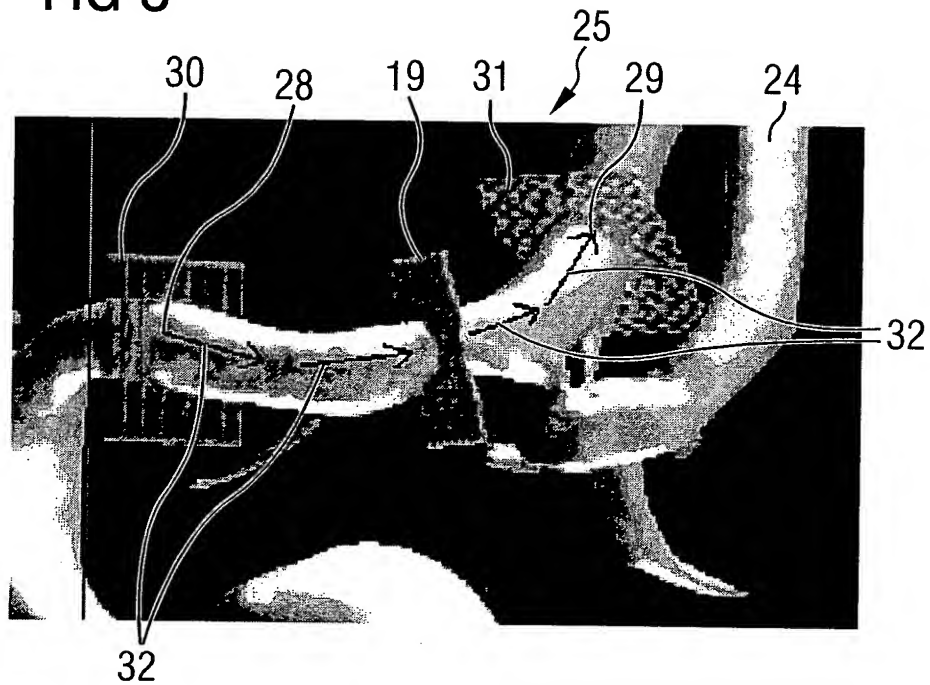


FIG 9

